ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.00435v1

谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼抗氧化和非特异性免疫能力的影响

张　杰[1]　陈海敏[1]　周歧存[2*]　朱芳周[3]

（1．宁波大学海洋学院，应用海洋生物技术教育部重点实验室，宁波 315211；2.宁波大学海洋学院，鱼类营养研究室，宁波 315211；3.郑州新威营养技术有限公司，郑州 450100）

摘　要：本试验旨在研究谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼抗氧化及非特异性免疫能力的影响。选取平均体重为（2.49±0.04） g 的黄颡鱼幼鱼 240 尾，随机分为 4 组，每组 3 个重复，每个重复 20 尾。4 组试验鱼分别饲喂谷氨酰胺添加量为 0（对照）、0.1%、0.2%、0.4%的等氮等能试验饲料。试验期为 10 周。结果表明：饲料中添加 0.2%的谷氨酰胺可以显著提高黄颡鱼幼鱼的血清总蛋白、球蛋白、甘油三酯、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白含量（P<0.05）；各组黄颡鱼幼鱼的血清谷丙转氨酶、谷草转氨酶和碱性磷酸酶活性差异不显著（P>0.05）；饲料中添加 0.1%的谷氨酰胺可以显著提高黄颡鱼幼鱼肝脏中过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶及肌肉中超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶的活性（P<0.05）；随着饲料中谷氨酰胺添加量的增加，头肾巨噬细胞的吞噬指数呈升高趋势，且 0.2%和 0.4%组较对照组显著升高（P<0.05），但 0.2%和 0.4%组间差异不显著（P>0.05）。由此可见，饲料中添加 0.1%～0.2%的谷氨酰胺能够提高机体的抗氧化和非特异性免疫能力。

关键词：黄颡鱼；谷氨酰胺；血液指标；抗氧化性能；非特异性免疫

中图分类号：S963　　文献标识码：A　　文章编号：

谷氨酰胺(glutamine，Gln)因其独特的生理作用，逐渐成为营养学、生理学、免疫学的研究重点和热点，大量证据证明，谷氨酰胺是一种“条件性必需氨基酸”，在动物体内合成不足时，需从外界摄取以维持体内谷氨酰胺含量的稳定[1]。作为条件性必需氨基酸, 谷氨酰胺具有改善免疫功能、增强抵抗力、促进蛋白质合成、保护肠道功能等作用[2]。谷氨酰胺除作为肠黏膜细胞的主要能源外，还参与体内谷胱甘肽(GSH)的合成，而 GSH 可清除各种自由基以降低过氧化物对细胞的损害，在维持机体内环境处于自稳态方面起着关键性作用。路静等[3]研究表明，饲粮中添加 0.8%的谷氨酰胺可以显著提高热应激肉鸡血清总蛋白含量；黄冠庆等[4]研究表明, 高温条件下饲粮中添加谷氨酰胺可显著提高黄羽肉鸡血液中谷胱甘肽

收稿日期：2015-09-09

基金项目：宁波市创新团队项目（2011B81007)；浙江省重大科技专项（2012C12907-6）；国家公益性行业（海洋）科研专项经费项目(201105023) ；国家海洋公益性行业科研专项（201505033）

作者简介：张　杰（1990-），女，河南开封人，硕士研究生，从事藻类应用的研究。E-mail: 381557957@qq.com

*通信作者：周歧存，教授，博士生导师，E-mail： zhouqicun@nbu.edu.cn

过氧化物酶(GSH-Px)活性，显著降低血液中丙二醛(MDA)含量, 提高机体的抗氧化能力。在水生动物上的研究表明，在饲料中添加谷氨酰胺可以显著提高石斑鱼[5]、泥鳅[6]和幼建鲤[7]等的白细胞吞噬能力、呼吸爆发活性和非特异性免疫能力。

黄颡鱼俗称黄辣丁、嘎鱼，是一种高档淡水品种，广泛地分布在亚洲东南部，在水产养殖中具有重要的商业价值[8]。近年来，黄颡鱼因其蛋白质含量高，脂肪含量少，营养丰富，肉质细嫩，经济价值较高而越来越受欢迎[9]。本试验拟通过在饲料中添加谷氨酰胺，探讨其对黄颡鱼幼鱼抗氧化和非特性免疫能力的影响，并确定其适宜添加量，为谷氨酰胺在水产养殖中的实践运用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

按照谷氨酰胺添加量分别为 0（对照）、0.1%、0.2%、0.4%，配制 4 种等氮等能的试验饲料，其组成及营养水平见表 1。饲料原料粉碎后过 60 目筛，按照配方要求准确称量，混匀，微量成分采取逐级扩大法预混合，再与大宗原料混合均匀，液体原料加入后过 60 目筛，使其混合均匀，混均后，加入 30%的水，再次混匀后用双螺杆制粒机挤压成粒径分别为 2.5 和 4.0 mm 的 2 种颗粒饲料，制粒后于 90 ℃烘箱中熟化 0.5 h，干燥后于-20 ℃保存备用。饲料营养成分分析参照 AOAC(1995)[10]的方法，即水分含量采用 105 ℃常压干燥法测定，粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定，粗脂肪含量采用索氏抽提法测定。

表 1　试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　%

项目 Items	谷氨酰胺添加量 Gln addition/%			
	0	0.1	0.2	0.4
原料 Ingredients				
鱼粉 Fish meal	18.00	18.00	18.00	18.00
菜籽粕 Rapeseed meal	12.00	12.00	12.00	12.00
豆粕 Soybean meal	26.00	26.00	26.00	26.00
面粉 Wheat flour	27.30	27.30	27.30	27.30
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	7.50	7.50	7.50	7.50

chinaXiv:201711.00435v1

豆油 Soybean oil	2.10	2.10	2.10	2.10
鱼油 Fish oil	2.10	2.10	2.10	2.10
大豆卵磷脂 Soybean lecithin	0.50	0.50	0.50	0.50
矿物质预混料 Mineral premix[1)]	1.50	1.50	1.50	1.50
维生素预混料 Vitamin premix[2)]	0.20	0.20	0.20	0.20
氯化胆碱 Choline chloride	0.30	0.30	0.30	0.30
磷酸二氢钙 $Ca(H_2PO_4)_2$	2.00	2.00	2.00	2.00
纤维素 Cellulose	0.50	0.40	0.30	0.10
谷氨酰胺 Gln		0.10	0.20	0.40
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels				
粗蛋白质 CP	39.82	40.28	39.96	40.47
粗脂肪 EE	7.73	7.53	7.31	7.60
水分 Moisture	10.57	10.44	10.57	10.23

[1)]矿物质预混料为每千克饲料提供 The mineral premix provided the following per kg of diets：Fe（as ferric citrate） 12 mg，Zn (as zinc sulfate) 32 mg，Mn (as manganese sulfate) 20 mg，Cu (as copper sulfate) 25 mg，I (as potassium iodide) 0.10 mg，Mg (as magnesium sulphate) 350 mg，K (as monopotassium phosphate) 1 000 mg，Na (as monosodium phosphate) 300 mg，Ca (as calcium lactate) 65 mg，Co (as cobalt dichloride) 5 mg，Se (as sodium selenite) 0.3 mg。

[2)] 维生素预混料为每千克饲料提供 The vitamin premix provided the following per kg of diets：VA 2 mg，VB_1 100 mg，VB_2 60 mg，VB_6 120 mg，VB_{12} 0.2 mg，VC 105 mg，VD_3 0.15 mg，VE 100 mg，VK_3 40 mg，生物素 biotin 2.5 mg，叶酸 folic acid 4.0 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 150 mg，烟酸 nicotinic acid 400 mg，肌醇 inositol 2 000 mg。

1.2 饲养管理

试验用黄颡鱼幼鱼购自浙江湖州渔场，在试验条件下饲养 2 周后开始试验。试验前，禁食 24 h 后取健康、体重相近的黄颡鱼幼鱼进行分组，将 240 尾平均体重为(2.49±0.04) g 的黄颡鱼幼鱼随机分为 4 组，每组 3 个重复，每个重复 20 尾，以重复为单位饲养于 300 L 的蓝色玻璃钢桶中，试验期为 10 周。试验用水为经过曝气处理的自来水，试验期间水温为 19～

chinaXiv:201711.00435v1

29 ℃，pH 7.5～7.8，整个养殖过程中连续充气(1 L/min)，溶氧浓度不低于 6 mg/L，氨氮浓度不高于 0.05 mg/L。每 2 周测量 1 次体重，每天投喂 2 次，日投喂量为其体重的 6%～8%，投喂时间分别为 07:00 和 17:00，投喂后 1 h 观察其摄食情况，根据鱼的进食情况调整投喂量。每天除污 1 次，前 2 周隔天换水 1 次，之后视水质情况每天换水 40%～60%。

1.3　血清生化指标的测定

试验结束后，禁食 12 h，每桶随机挑选 3 尾鱼，用未浸润过肝素的一次性注射器心脏取血，所取血样于-4 ℃静置过夜后 5 000 r/min 离心取血清，将血清样本立即送往宁波大学第一附属医院检测血清生化指标。

1.4　抗氧化指标的测定

采血后的黄颡鱼在冰浴条件下进行解剖，剥取肝胰脏、肌肉与肠道组织，各组织按质量体积比 l：9 加入预冷生理盐水，用电动匀浆机在冰浴条件下进行组织匀浆。在 4 ℃、3 000 r/min 条件下离心 20 min，取上清液测定各组织中超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）、GSH-Px 活性和丙二醛（MDA）及蛋白质含量。上述指标均采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定。

1.5　非特异性免疫指标的测定

头肾细胞的获取：将 100 IU/mL 青霉素、100 μg/mL 链霉素、10 IU/mL 肝素和 2%的小牛血清加入到 L-15 培养基中。解剖黄颡鱼获得头肾后，立即置于培养基中挤压破碎，并通过 100 μm 金属网，获得的细胞悬液转入 51%的 Percoll 溶液中，上层缓慢加入 34%的 Percoll 溶液，不连续梯度密度离心分离巨噬细胞带（4 ℃、600×*g*，5 min），收集中间带细胞，将细胞调整为 1×10^{7} 个/mL 的悬液，通过 0.01%胎盘兰鉴定存活率在 95%以上。

吞噬指数的测定：100 uL 酵母悬液（1×10^{8} 个/mL）加入到 100 μL 头肾细胞悬液中（23.5 ℃，40 min）。在显微镜下对巨噬细胞吞噬的酵母细胞数量进行统计。

呼吸爆发活性的测定：100 μL 1mg/mL 氮蓝四唑（NBT）[含 100 mL 1 μg/mL 的丙二醇甲醚醋酸酯(PMA）]加入到 100 μL 头肾细胞悬液中（25 ℃，45 min），通过无水甲醇终止反应，70%甲醇漂洗 2 次，空气干燥。加入 120 μL 2 mol/L 氢氧化钾（KOH）和 140 μL 二甲基亚砜（DMSO），以 KOH/DMSO 为空白使用酶标仪在 630 nm 下测定吸光度（OD）值，呼吸爆发活性以 OD 值表示。

1.6 数据处理

试验数据用平均值±标准误（mean±SE)表示，采用 SPSS 17.0 统计软件中的 ANOVA 过程进行单因素方差分析（one-way ANOVA，LSD），有显著差异的，再用 Duncan 氏法进行

chinaXiv:201711.00435v1

ChinaXiv合作期刊

多重比较，P<0.05 为差异显著。

2 结　果

2.1 谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼血清生化指标的影响

由表 2 可知，0.2%组血清总蛋白和球蛋白含量显著高于对照组及 0.1%、0.4%组（P<0.05），0.1%、0.4%组与对照组相比无显著差异（P>0.05）。饲料中添加谷氨酰胺对血清谷丙转氨酶、谷草转氨酶、碱性磷酸酶活性无显著影响（P>0.05），但均在添加量为 0.2%时有最大值。血清葡萄糖含量随着谷氨酰胺添加量的增加先升高后降低，在添加量为 0.1%时达到最高至，但是组间差异未达到显著水平（P>0.05）。饲料中添加谷氨酰胺后，血清甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白含量均有所升高，且 0.2%组上述指标均显著高于对照组（P<0.05）。

表 2　谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼血清生化指标的影响

Table 2　Effects of Gln on serum biochemical indices of juvenile *Pelteobagrus fulvidraco* (n=3)

项目 Items	谷氨酰胺添加量 Gln addition/%			
	0	0.1	0.2	0.4
总蛋白 TP/(g/L)	32.15±0.35^{a}	32.20±0.70^{a}	37.20±1.74^{b}	33.77±1.42^{a}
白蛋白 ALB/(g/L)	9.80±1.30	9.20±0.20	9.90±0.46	9.47±0.06
球蛋白 GLOB/(g/L)	23.01±0.30^{a}	22.90±0.60^{a}	27.30±1.35^{b}	24.30±1.41^{a}
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	9.67±3.51	16.33±3.79	22.00±13.53	7.67±2.52
谷草转氨酶 AST/(U/L)	188.33±20.74	282.67±36.56	348.33±172.28	192.00±43.71
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	24.67±8.08	24.00±5.20	30.00±9.64	25.33±5.69
胆固醇 CHOL/(mmol/L)	3.52±0.39^{a}	4.02±0.18^{ab}	4.96±0.15^{b}	4.24±0.36^{c}
甘油三酯 TG/(mmol/L)	3.79±0.85^{a}	4.09±0.43^{a}	5.78±1.06^{b}	3.47±0.18^{a}
高密度脂蛋白 HDL(mmol/L)	0.37±0.05^{a}	0.40±0.04^{ab}	0.47±0.04^{bc}	0.49±0.04^{c}
低密度脂蛋白 LDL/(mmol/L)	0.93±0.08^{a}	0.99±0.07^{ab}	1.22±0.10^{c}	1.15±0.14^{bc}
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	5.24±1.72	6.37±0.22	5.45±0.72	5.31±0.80

同列数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（P>0.05），不同小写字母表示差异显著（P<0.05）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05). The same as below.

2.2 谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼不同组织中抗氧化指标的影响

chinaXiv:201711.00435v1

谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼不同组织中抗氧化指标的影响见表 3。在肝脏中，饲料中添加谷氨酰胺可以提高 CAT 的活性，且在添加量为 0.2%时达到最高值，比对照组高 129 U/mL，差异显著（P<0.05）；GSH-Px 活性在 0.1%组有最高值，且显著高于其他各组（P<0.05）。在肌肉中，SOD 和 GSH-Px 活性在 0.1%组有最高值，且显著高于其他各组（P<0.05）；此外，0.2%组 GSH-Px 活性亦显著高于对照组（P<0.05）。在肠道中，饲料中添加谷氨酰胺对各抗氧化指标没有产生显著影响（P>0.05）。

表 3　谷氨酰胺对黄颡鱼不同组织中抗氧化指标的影响

Table 3　Effects of Gln on antioxidant indices in different tissues of juvenile *Pelteobagrus fulvidraco* (n=3)

项目 Items	谷氨酰胺添加量 Gln addition/%			
	0	0.1	0.2	0.4
肝脏 Liver				
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot）	46.76±2.95	57.46±12.01	53.21±5.72	50.12±4.19
过氧化氢酶 CAT/（U/mg prot）	56.79±14.83^{a}	61.90±7.71^{ab}	185.87±124.57^{b}	89.69±22.27^{ab}
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	1.03±0.37	0.76±0.03	0.83±0.14	0.89±0.04
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/（(U/mg prot）	2.55±0.02^{a}	3.76±0.26^{b}	2.51±0.08^{a}	2.55±0.39^{a}
肠道 Intestine				
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot）	16.97±5.92	18.05±4.13	17.57±6.16	15.99±8.74
过氧化氢酶 CAT/（U/mg prot）	13.29±3.68	14.81±9.16	18.80±7.00	19.64±0.40
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	1.77±0.73	1.26±0.21	1.46±0.60	1.48±0.63
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/（(U/mg prot）	150.03±47.59	161.87±112.36	247.73±166.12	72.30±33.63
肌肉 Muscle				
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot）	18.94±2.35^{a}	26.23±3.90^{b}	20.66±3.17^{ab}	19.69±2.91^{a}
过氧化氢酶 CAT/（U/mg prot）	27.59±15.99	49.17±21.04	39.37±20.18	41.52±41.24
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	3.05±1.38	4.82±1.50	3.08±2.02	2.76±0.19
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/（(U/mg prot）	84.78±26.90^{a}	724.93±220.18^{c}	384.01±126.83^{b}	260.57±143.74^{ab}

2.4 谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼头肾非特异性免疫指标的影响

由表 4 可知，随着饲料中添加谷氨酰胺添加量的增加，黄颡鱼幼鱼头肾巨噬细胞的吞噬

chinaXiv:201711.00435v1

指数呈升高趋势，且 0.2%和 0.3%组较对照组显著升高（P<0.05），但 0.2%和 0.3%组差异不显著（P>0.05）；饲料中添加谷氨酰胺对头肾巨噬细胞的呼吸爆发活性无显著影响（P>0.05）。

表 4　谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼头肾非特异性免疫指标的影响

Table 4　Effects of Gln on non-specific immune indices of head-kidney juvenile *Pelteobagrus fulvidraco* (n=3)

项目	谷氨酰胺添加量 Gln addition/%			
Items	0	0.1	0.2	0.4
吞噬指数 Phagocytic index	5.44±0.06^{a}	5.48±0.06^{ab}	5.57±0.05^{bc}	5.58±0.03^{c}
呼吸爆发活性 Respiratory burst activity	0.24±0.03	0.26±0.01	0.25±0.03	0.21±0.01

3 讨　论

鱼类的血清生化指标能够反映机体的健康状况和生理状况，也是疾病诊断和测定的依据之一[11]。血清中的总蛋白、白蛋白含量能准确反映机体蛋白质的吸收与代谢，血清中较高的球蛋白含量使机体具有更强的疾病预防能力和免疫响应功能[12-13]。血清中胆固醇和甘油三酯的含量可反映机体脂肪代谢状况。本试验中，0.2%组的血清总蛋白、球蛋白、甘油三酯、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白含量均显著高于对照组，这可能是因为谷氨酰胺可以通过脱氨基和转氨基作用合成多种氨基酸，减少机体的蛋白质分解，弥补幼鱼蛋白质合成能力不足等问题[14-15]。这与谷氨酰胺在幼鲟鱼[16]、日本对虾[17]、罗非鱼[18]和鲑鱼[19]上应用的试验结果一致，但与王周等[20]和周荣艳[21]在断奶仔猪得出的饲料中添加谷氨酰胺对提高血清总蛋白含量有一定作用但影响不显著的结论不一致，这可能是因为试验动物种类不同所致。综上所述，饲料中添谷氨酰胺可改善黄颡鱼的防御能力，提高机体的非特异性免疫能力。

在抗氧化防护系统中，主要的抗氧化酶包括 SOD、CAT 和 GSH-Px，MDA 是脂质过氧化最重要的产物之一[22]。本试验结果表明：饲料中谷氨酰胺的添加量为 0.1%时可以显著提高黄颡鱼幼鱼肝脏中 CAT、GSH-Px 及肌肉中 SOD、GSH-Px 的活性，这与谷氨酰胺在泥鳅[6]、鲤鱼[23]、半滑舌鳎[24]和杂交鲟[25]等水生动物上的研究结果一致。在本试验中，谷氨酰胺对黄颡鱼幼鱼肝脏、肌肉和肠道中不同抗氧化酶活力的影响有增加也有降低，目前关于其机制也存在一定的争论，张军民等[26]推测在机体的抗氧化系统内可能存在着动态平衡机制，即一种机制激活时，则另一种可能处于被抑制状态，这可能是机体的自我保护机制之一。从总体上看，谷氨酰胺可以提高黄颡鱼幼鱼的抗氧化能力。

头肾是鱼类重要的淋巴组织，含有丰富的巨噬细胞，巨噬细胞的吞噬作用对鱼类抵抗病

chinaXiv:201711.00435v1

原微生物的入侵具有重要的意义[27]。从黄颡鱼头肾巨噬细胞吞噬啤酒酵母的结果来看，饲料中添加谷氨酰胺可以增强黄颡鱼幼鱼头肾巨噬细胞的吞噬能力，从而提高机体的非特性免疫能力。

4 结 论

综上所述，饲料中添加谷氨酰胺能够有效地提高黄颡鱼幼鱼的抗氧化和非特异性免疫能力，综合各项指标判定 0.1%～0.2%的添加量效果较佳。

参考文献：

[1] LACEY J M,WILMORE D W.Is glutamine a conditionally essential amino acid?[J].Nutrition Review,1990,48(8):297–309.

[2] 李宁,赖万强.谷氨酰胺对免疫功能的影响[J].医学综述,2010,16(6):823–826.

[3] 路静,李文立,姜建阳,等.谷氨酰胺对热应激肉鸡生长性能和血清生化指标的影响[J].中国家禽,2010,32(18):15–18.

[4] 黄冠庆,林红英.谷氨酰胺对高温环境下黄羽肉鸡抗氧化能力的影响[J].中国饲料,2006(20):24–26.

[5] 程镇燕,李建,雷五长,等.谷氨酰胺对点带石斑鱼免疫细胞免疫力的影响[J].水产科学,2014,33(10):606–610.

[6] 李源.谷氨酰胺对泥鳅生长和非特异性免疫的影响[D].硕士学位论文.雅安:农业大学,2013.

[7] 林燕.谷氨酰胺对幼建鲤肠道功能和免疫力的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2005.

[8] YANG Q,YANG R,LI M,et al.Effects of dietary fucoidan on the blood constituents,anti-oxidation and innate immunity of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*)[J].Fish & Shellfish Immunology ,2014,41(2):264–270.

[9] 文远红，曹俊明，黄燕华，等．黄颡鱼营养需求研究进展[J].广东农业科学,2011,38(18):108–111.

[10] AOAC.Official methods of analysis of official analytical chemists international[S].16th ed.Arlington,VA: Association of Official Analytical Chemists ,1995.

[11] 李晋南,徐奇友,位莹莹,等.谷氨酰胺及其前体物对松浦镜鲤生长性能、体成分和血清生化指标的影响[J].东北农业大学学报,2013,44(12):119–125.

[12] WANG Q L,GE X Y,TIAN X W,et al.Soy isoflavone:the multipurpose phytochemical (Review)[J].Biomedical Reports,2013,1(5):697–701.

chinaXiv:201711.00435v1

ChinaXiv合作期刊

[13] 王爱民,韩光明,封功能,等.饲料脂肪水平对吉富罗非鱼生产性能、营养物质消化及血液生化指标的影响[J].水生生物学报,2011,35(1):80–87.

[14] BABU R,EATON S,DRAKE D P,et al.Glutamine and glutathione counteract the inhibitory effects of mediators of sepsis in neonatal hepatocytes[J].Annals of Surgery,2001,36(2):282–286.

[15] YU J C,JIANG Z M,LI D M.Glutamine:a precursor of glutathione and its effect on liver[J].World Journal of Gastronentrology，1999,5(2):143–146.

[16] 朱青,许红,徐奇友,等.谷氨酰胺对幼鲟鱼血清、肝胰脏生化指标及体成分的影响[J].水产学杂志,2010,23(2):16–20.

[17] 叶均安,王冰心,孙红霞,等.谷氨酰胺二肽对日本对虾血清生化指标、肝胰腺细胞凋亡及肠黏膜形态的影响[J].海洋与湖沼,2009,40(3):347–352.

[18] 杨奇慧,周歧存,谭北平,等.谷氨酰胺对杂交罗非鱼生长、饲料利用及抗病力的影响[J].中国水产科学,2008,15(6):1016–1023.

[19] 陈巨星,孙祥明,张元兴.谷氨酰胺对鲑鱼胚胎(CHSE)细胞生长和代谢的影响[J].应用与环境生物学报,2004,10(4):442–445.

[20] 王周,赵燕,梁国旗,等.谷氨酰胺、壳聚糖及二者复合添加对断奶仔猪生长性能和血液生化指标的影响[J].饲料工业,2008,29(8):12–14.

[21] 周荣艳.谷氨酰胺对早期断奶仔猪生产性能和血液生化指标的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2006(10):70–71.

[22] 吕玉玲,周玉香.谷氨酰胺对动物机体免疫和抗氧化作用的研究概况[J].畜牧与饲料科学,2008(2):60–62.

[23] 陈瑾.谷氨酰胺对鲤鱼肠上皮细胞抗氧化能力的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2008.

[24] LIU J W,MAI K S,XU W,et al.Effects of dietary glutamine on survival,growth performance,activities of digestive enzyme,antioxidant status and hypoxia stress resistance of half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis* Günther) post larvae[J].Aquaculture,2015,446:48–56.

[25] WANG C A,XU Q Y,XU H,et al.Dietary *L*-alanyl-*L*-glutamine supplementation improves growth performance and physiological function of hybrid sturgeon *Acipenser schrenckii* ♀× *A.baerii* ♂[J].Journal of Applied Ichthyology,2011,27(2):727–732.

chinaXiv:201711.00435v1

[26] 张军民,王连递,高振川,等.日粮添加谷氨酰胺对早期断奶仔猪抗氧化能力的影响[J].畜牧兽医学报,2002,33(2):105–109.

[27] 葛海燕.皮质醇和壳聚糖对黄颡鱼免疫机能及生长的影响[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2007.

Effect of Glutamine on Antioxidant Capacity and Non-Specific Immunity of Juvenile Yellow Catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*)

ZHANG Jie[1]　CHEN Haimin[1]　ZHOU Qicun[2*]　ZHU Fangzhou

(1. *Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology*, *School of Marine Sciences*, *Ningbo University*, *Ningbo* 315211, *China*; 2. *Laboratory of Fish Nutrition*, *School of Marine Sciences*, *Ningbo University*, *Ningbo* 315211, *China;* 3.*Zhengzhou Xinwei Nutrition Technology Company, Zhengzhou* 450100, *China*）

Abstract: A 10-week feeding trial was conducted to investigate the effects of dietary glutamine (Gln) on antioxidant capacity and non-specific immunity of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). A total of 240 juvenile yellow catfish with an average body weight of （2.49±0.04） g were randomly divided into 4 groups with 3 replicates per group, and 20 fish in each replicate. The fish in those groups were fed 4 iso-nitrogenous and iso-energetic diets with the Gln addition were 0 (control), 0.1%, 0.2% and 0.4%, respectively. The results showed that fish fed the diet containing 0.2% Gln could significantly improve the contents of total protein (TP), globulin (GLOB), triglyceride (TG), high-density lipoprotein (HDL) and low-density lipoprotein (LDL) in serum（P<0.05）. No significant differences in the activities of alanine aminotransferase (ALT), aspertate aminotransferase (AST) and alkaline phosphatase (ALP) among groups （P>0.05）. However, fish fed the diet containing 0.1% Gln could significantly improve the activities of catalase (CAT), glutathione peroxidase (GSH-Px) in liver and superoxide dismutase (SOD), GSH-Px in muscle（P<0.05）. Phagocytosis index macrophages from head-kidney showed an increasing trend with the dietary Gln addition increasing, and that in 0.2% and 0.4% group was significantly higher than that in control group（P<0.05）, but no significant difference was found between 0.2% and 0.4% groups（P>0.05）. The results indicate that diet adding 0.1% to 0.2% Gln can improve the antioxidant capacity and non-specific immunity of juvenile yellow catfish.

Key words: yellow catfish （*Pelteobagrus fulvidraco*）; glutamine; hematological characteristics;

chinaXiv:201711.00435v1

antioxidant function; non-specific immune

chinaXiv:201711.00435v1